



PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

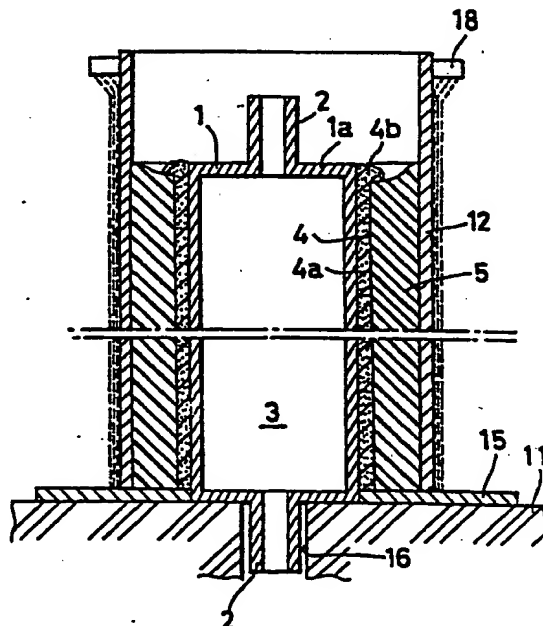
(51) 国際特許分類 6 B29D 31/00, B29C 39/10, D21F 1/40, F16C 13/00, B29C 43/46 // B29K 101:10, 105:08	A1	(11) 国際公開番号 WO 95/17298 (43) 国際公開日 1995年6月29日 (29.06.95)
(21) 国際出願番号 PCT/JP94/02143 (22) 国際出願日 1994年12月20日 (20. 12. 94) (30) 優先権データ 特願平5/321522 1993年12月21日 (21. 12. 93) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) ヤマウチ株式会社 (YAMAUCHI CORPORATION) (JP/JP) 〒573 大阪府枚方市招提田近2丁目7番地 Osaka, (JP) (72) 発明者 ; および (75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ) 渡辺 茂雄 (WATANABE, Atsuo) (JP/JP) 〒573-01 大阪府枚方市藤阪西町2番7-301号 Osaka, (JP) 中山 健次郎 (NAKAYAMA, Kenjiro) (JP/JP) 〒614 京都府八幡市男山弓岡3番地204-104 Kyoto, (JP) 加藤 俊祐 (KATO, Shunsuke) (JP/JP) 〒573 大阪府枚方市天之川町1番地13-203 Osaka, (JP) (74) 代理人 弁理士 岸本 英之助, 外 (KISHIMOTO, Einosuke et al.) 〒542 大阪府大阪市中央区西心斎橋1丁目13番18号 イナベビル3階 Osaka, (JP) (81) 指定国 DE, FI, JP, US. 添付公開書類 国際調査報告書		

(54) Title : METHOD OF MANUFACTURING HARD ROLL

(54) 発明の名称 硬質ロールの製造法

(57) Abstract

A method of manufacturing a hard roll for use in an elastic roll of a calendar roll for paper making and the like, according to the invention comprises the steps of pouring a liquid thermosetting resin material into a space between a metallic roll core and an outer die, heating from the outside a greater part of the resin material to harden the same for forming an intermediate having an outer layer of resin while cooling the roll core to leave a viscous liquid stock layer inside the intermediate. Then the intermediate is cooled from the outside of the outer die for shrinkage, and a surplus portion of the liquid stock is pushed upward as the intermediate shrinks. Then the remaining viscous liquid stock is hardened by heating the roll core. According to the method of the invention, the thermosetting resin is prevented from being cracked due to reactive shrinkage and thermal shrinkage of thermosetting resin during the manufacturing of the hard roll. Accordingly, it is possible to efficiently produce a hard roll with exceedingly fewer production steps and reduce production cost thereof, which hard roller is free from cracks on its surface during use and any change in its roll surface hardness and is excellent in durability.



(57) 要約

本発明による製紙用カレンダー・ロールの弾性ロール等に用いられる硬質ロールの製造法は、金属製ロール芯と外型との間の空間部に液状の熱硬化性樹脂原料を注入後、外部から加熱して樹脂原料の大部分を硬化せしめて、外層樹脂中間体を形成する一方、ロール芯側から冷却して、中間体の内側に粘性液状原料層を残す。つぎに中間体を外型の外部から冷却して、該中間体を収縮せしめるとともに、中間体の収縮に伴って液状原料の余剰部分を上方に押し出す。ついでロール芯側から加熱して、残りの粘性液状樹脂原料を硬化せしめる。

本発明の方法によれば、硬質ロールの製造時に、熱硬化性樹脂の反応収縮および熱収縮に基づく割れの発生を防止する。ロール使用時においてもその表面にひび割れが発生せず、熱によるロール表面硬度の変化がない耐久性にすぐれた硬質ロールを、工程数を非常に少なくして効率良く生産し、硬質ロールの製造コストを低減することができる。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願をパンフレット第一頁にPCT加盟国を同定するために使用されるコード

AM	アルメニア	EE	エストニア	LK	スリランカ	RU	ロシア連邦
AT	オーストリア	EF	フィンランド	LR	ラトヴィア	SD	スーダン
BB	ブラジル	FR	フランス	LT	リトアニア	SG	シンガポール
BG	ブルガリア	GA	ガボン	LV	ラトヴィア	SI	スロベニア
BR	ブラジル	GB	イギリス	MC	モナコ	SK	スロバキア
BY	ベラルーシ	GE	ジョージア	MD	モルドバ	SN	セネガル
CA	カナダ	GR	ギリシャ	MG	マダガスカル	SZ	スワジランド
CC	中東	HU	ハンガリー	ML	マリ	TD	チャド
CH	スイス	IE	アイルランド	MN	モンゴル	TG	タンザニア
CI	コートジボワール	IT	イタリア	MW	モザンビーク	TM	トルクメニスタン
CM	コンゴ	JP	日本	MX	メキシコ	TT	トリニダード・トバゴ
CN	中国	KE	ケニア	NE	ネパール	UA	ウクライナ
CO	コロンビア	KR	韓国	NL	オランダ	UG	ウガンダ
DE	ドイツ	KZ	カザフスタン	NO	ノルウェー	UZ	ウズベキスタン
		KZ	カザフスタン	NZ	ニュージーランド	VN	ベトナム
		KZ	カザフスタン	PL	ポーランド		
		KZ	カザフスタン	PT	ポルトガル		
		KZ	カザフスタン	PT	ポルトガル		

明 細 書

硬質ロールの製造法

5 技術分野

- 本発明は、例えば製紙、繊維等の各種工業において使用される硬質ロールの製造法、さらに詳しくは、製紙用カレンダー・ロール、製紙用プレス・ロール（製紙用ストーンロールの代替ロールおよび製紙用ゴムロールの代替ロールを含む）、
- 10 繊維用カレンダー・ロール、あるいは磁気記録体用カレンダー・ロール等において弾性ロールとして使用される硬質ロールの製造法に関するものである。

背景技術

- 15 一般に、例えばカレンダー加工は、表面を鏡面状態とした金属ロールと弾性ロールとを対接させ、これら両ロール間に紙、繊維、磁気記録体等の薄い被加工物を所定の温度及び高いニップ圧を加えながら走行させて、該被加工物を加圧して平滑化し、その表面のつや出しを行なうものである。
- 20 従来、このようなカレンダー・ロールとしては、金属製ロール芯の外周面にエポキシ樹脂含浸繊維材を巻回被覆した下巻層が設けられ、これの外周にエポキシ樹脂よりなる被覆層が注型成形により直接形成された硬質ロールが公知である（例えば特公昭61-15807号公報参照）。
- 25 しかしながら、一般に、エポキシ樹脂等の熱硬化性樹脂は、

硬化反応のさい反応収縮及び熱収縮が非常に大きいため、前記した被覆層が製造時においてこの収縮により表面にひび割れが生ずることがあり、とくにこの現象は、大径かつ長尺の硬質ロールに顕著に現われ、このような硬質ロールは製造する
5 ことが大変困難であるという問題があった。

そこで、本発明者は、先に上記の問題を解決した硬質ロールの製造法を提案した（特公平 3 - 4 7 3 5 9 号公報参照）。この先提案による硬質ロールの製造法は、繊維補強下巻層を有する金属製ロール芯とは別に、熱硬化性樹脂原料を所定の
10 型に注入して硬化せしめて所定の大きさの外層用筒体を形成しておき、ついで、この外層用筒体を、繊維補強下巻層を有する金属製ロール芯に嵌め被せたのち、該筒体と下巻層との間に形成された環状の間隙部に低粘性の接着剤を注入して硬化せしめ、下巻層と筒体とを接着剤層を介して接合一体化す
15 るというものであった。

この先提案の方法によれば、すぐれた表面平滑性、高い表面硬度およびすぐれた耐熱性を有するロールが得られることは、勿論であるが、とくにロール製造時に、熱硬化性樹脂よりなる外層表面にひび割れが全く生じることがなく、また、
20 その使用時においてもロールの表面にひび割れが発生せず、しかも使用中の熱によってロールの表面硬度が変化することがほとんどなく、金属ロールによる高いニップ圧に耐えられる圧縮強さを有していて、常に良好に使用し得、耐久性にすぐれている硬質ロールを製造し得るものであった。
25 しかしながら、この先提案による硬質ロールの製造法によ

れば、金属製ロール芯とは別に、硬化した所定の大きさの外層用筒体を形成したのち、この外層用筒体と下巻層との間に形成された環状の間隙部に低粘性の接着剤を注入して、接合一体化するというものであるため、工程数が多く、生産効率
5 が悪いために、製造コストが比較的高くつくという問題があった。

本発明は、上記の問題に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、硬質ロール製造時における熱硬化性樹脂の反応収縮および熱収縮による割れが生じることなく、
10 またロールの使用時においてもその表面にひび割れが発生せず、しかも使用中の熱によるロールの表面硬度がほとんど変化しない、耐久性にすぐれた硬質ロールを製造することができて、しかも工程数が少なく、生産効率が良いために、製造コストが非常に安くつく、硬質ロールの製造法を提供しよう
15 とするにある。

発明の開示

本発明による硬質ロールの製造法は、起立状態に配置された金属製ロール芯の外側に、所定間隔をおいて外層成形用外型を配置して、ロール芯と外型との間に、下端が閉鎖されかつ上端が開放された樹脂原料注入用空間部を形成し、この空間部に液状の熱硬化性樹脂原料を注入する第1工程と、該原料を外型の外部から加熱して熱硬化性樹脂原料の大部分を硬化せしめて、外層樹脂中間体を形成する一方、該原料をロール芯側から冷却して、ロール芯の表面部分の樹脂原料を粘性
20
25

液状のまゝに保持して外層樹脂中間体の内側に粘性液状原料層を残す第2工程と、つぎに、外層樹脂中間体を外型の外部から冷却して、該中間体の主として熱収縮により中間体を収縮せしめるとともに、該中間体の収縮に伴って中間体内側の粘性液状樹脂原料層の原料の余剰部分が中間体の上端部より上方に押し出されるようにする一方、粘性液状樹脂原料層をロール芯側から加熱して、残りの粘性液状樹脂原料を硬化せしめ、ロール芯の外周に一体化されかつ硬化した熱硬化性樹脂外層を形成する第3工程と、熱硬化性樹脂外層の少なくとも上端部を切削して、ロール芯に対し略直角の外層端面を形成する第4工程とよりなることを特徴としている。

なお、上記第1工程において、空間部に注入する液状の熱硬化性樹脂原料の硬化反応を抑制するために、ロール芯側から冷却しつつ、空間部に液状の熱硬化性樹脂原料を注入し、第2工程においては、第1工程のロール芯側からの冷却を継続して、ロール芯の表面部分の樹脂原料を粘性液状のまゝに保持し、粘性液状原料層を残すようにするのが好ましい。

また、金属製ロール芯の外周には、繊維補強下巻層を設ける場合もある。

ところで、上記第2工程と第3工程において、ロール芯と外型の間の空間部内に注入した熱硬化性樹脂原料を、ロール芯側から冷却しあるいは加熱する手段としては、2通りがある。

すなわち、まず第1に、金属製ロール芯が、内部に冷却または加熱流体通路を有する中空状で、ロール芯の上下両端の

軸部がロール芯内の流体通路に通じる流体出入口を有するものであり、そしてこの場合には、第2工程において、ロール芯内部の流体通路に冷却流体を通過させて、液状の熱硬化性樹脂原料をロール芯側から冷却し、第3工程において、
5 ロール芯内部の流体通路に加熱流体を通過させて、粘性液状樹脂原料層をロール芯側から加熱して、残りの粘性液状樹脂原料を硬化せしめるものである。

第2に、金属製ロール芯の外周に、内部に冷却または加熱流体が流される螺旋状の冷却・加熱用パイプを巻き付けておくものであり、そしてこの場合には、第2工程において、螺旋状のパイプ内に冷却流体を通過させて、液状の熱硬化性樹脂原料をロール芯側から冷却し、第3工程において、螺旋状のパイプ内に加熱流体を通過させて、粘性液状樹脂原料層をロール芯側から加熱し、残りの粘性液状樹脂原料を硬化せし
10 めるものである。

なお、この螺旋状のパイプを用いる場合には、第3工程において熱硬化性樹脂外層を形成した後、第4工程において、熱硬化性樹脂外層の上下両端部を切削するとともに、螺旋状パイプの上下両端部を除去して、ロール芯に対し略直角の外層端面を形成する必要がある。また、この螺旋状のパイプを用いる場合は、金属製ロール芯は、中空であってもいわゆる中実であっても良い。
20

上記螺旋状の冷却・加熱用パイプとしては、小さい径を有する金属パイプ、樹脂パイプ、ゴムパイプ等を使用する。

25 また、上記螺旋状の冷却・加熱用パイプを金属製ロール芯

に取り付けるには、金属製ロール芯の外周表面に螺旋状のパイプ嵌入れ用凹溝を設けておき、この凹溝に冷却・加熱用パイプを嵌め入れて、螺旋状に巻き付ける方法と、金属製ロール芯の外周に繊維補強下巻層を設けて、こ

5 外周表面に螺旋状のパイプ嵌入れ用凹溝を設けておき、この凹溝に冷却・加熱用パイプを嵌め入れて、螺旋状に巻き付ける方法とがある。

また、上記螺旋状の冷却・加熱用パイプとして、金属パイプ等のそれ自体で比較的高い強度を有するパイプを用いた場合

10 合には、螺旋状パイプ付きロール芯の外周に熱硬化性樹脂外層を形成したのち、螺旋状パイプの内部はそのまゝにして、つぎの工程において、熱硬化性樹脂外層の上下両端部を切削するとともに、螺旋状パイプの上下両端部を除去して、ロール芯に対し略直角の外層端面を形成すれば良いが、螺旋状の

15 冷却・加熱用パイプとして、比較的強度が弱い金属パイプや樹脂パイプ、あるいはゴムパイプ等を用いた場合には、螺旋状パイプ付きロール芯の外周に熱硬化性樹脂外層を形成したのち、さらに螺旋状パイプの内部に液状の熱硬化性樹脂原料を注入し、該樹脂原料を硬化せしめて、螺旋状パイプの内部

20 に充填層を形成する必要がある。

ところで、上記本発明の方法によれば、液状の熱硬化性樹脂原料を注入する第1工程においては、原料はロール芯の上端のレベルまでしか注入できないので、硬化収縮により熱硬化性樹脂外層の端面がロール芯の上端面よりも下側となる。

25 そこで、本発明の1つの実施態様として、第1工程におい

て、起立状態に配置された金属製ロール芯の外側に、所定間隔をおいて外層成形用外型を配置するだけでなく、ロール芯の上端に、これを延長するように外層成形用内型を配置して、ロール芯と外型および内型との間に、下端が閉鎖されかつ上
5 端が開放された樹脂原料注入用空間部を形成し、この空間部に液状の熱硬化性樹脂原料をロール芯の上端を越える高さまで注入する。

その後、第2工程および第3工程を上記と同様に実施したのち、第4工程において、熱硬化性樹脂外層の少なくとも上
10 端部を切削して、ロール芯の端面と面一な外層端面を形成するものである。

なお、本発明のこの実施態様においても、金属製ロール芯の外周に繊維補強下巻層を有するものであっても良い。

本発明の方法によれば、すぐれた表面平滑性、高い表面硬
15 度およびすぐれた耐熱性を有するロールが得られることは、勿論であるが、とくに第2工程において、液状の熱硬化性樹脂原料を外型の外部から加熱して熱硬化性樹脂原料の大部分を硬化せしめて、外層樹脂中間体を形成する一方、該原料をロール芯側から冷却して、ロール芯の表面部分の樹脂原料を
20 粘性液状のまゝに保持して外層樹脂中間体の内側に粘性液状原料層を残し、つぎに第3工程において、外層樹脂中間体を外型の外部から冷却して、該中間体の主として熱収縮により中間体を収縮せしめるとともに、該中間体の収縮に伴って中間体内側の粘性液状樹脂原料層の原料の余剰部分が中間体の
25 上端部より上方に押し出されるようにする一方、粘性液状樹

脂原料層をロール芯側から加熱して硬化せしめ、ロール芯の外周に一体化されかつ硬化した熱硬化性樹脂外層を形成しているから、硬質ロールの外層の残留応力がゼロになり、ロール製造時に、熱硬化性樹脂外層の表面にひび割れが全く生じることがない。

また本発明の方法により製造された硬質ロールは、その使用時において高い圧力をかけても、ロールの表面にひび割れが発生せず、かつ外層が破壊され難い。また使用中の熱によってロールの表面硬度が変化するようなことがほとんどなく、金属ロールによる高いニップ圧に耐えられる圧縮強さを有して、常に良好に使用し得、耐久性にすぐれているものである。

しかも本発明の方法によれば、工程数が非常に少なく、生産効率が良いために、硬質ロールの製造コストが非常に安くつくものである。

またとくに、金属製ロール芯の外周に螺旋状の冷却・加熱用パイプを巻き付けた場合には、冷却および加熱のさいの熱の伝導がスムーズであり、従って第2工程において、螺旋状のパイプ内に冷却流体を通過させて、液状の熱硬化性樹脂原料をロール芯側から均一に冷却し、また第3工程において、螺旋状のパイプ内に加熱流体を通過させて、粘性液状樹脂原料層をロール芯側から加熱し、残りの粘性液状樹脂原料をムラなく均一に硬化せしめる得るという利点がある。

なお、本発明の方法によれば、小型ロールや中型ロールは勿論であるが、従来とくにその製造が困難であった製紙用カ

レンダー・ロール等の大型ロールについて有効であり、非常にすぐれた圧縮強さを有する大型ロールを得ることができるという利点がある。

つぎに、本発明の方法において、ロール芯の端面と面一な
5 外層端面を有する硬質ロールを製造する場合には、第1工程において、起立状態に配置された金属製ロール芯の外側に、所定間隔をおいて外層成形用外型を配置するだけでなく、ロール芯の上端に、これを延長するように外層成形用内型を配置して、ロール芯と外型および内型との間に、下端が閉鎖さ
10 れかつ上端が開放された樹脂原料注入用空間部を形成し、この空間部に液状の熱硬化性樹脂原料をロール芯の上端を越える高さまで注入するものである。

そして、第2工程および第3工程を同様に実施したのち、最後の第4工程において、熱硬化性樹脂外層の少なくとも上
15 端部を切削して、ロール芯の端面と面一な外層端面を形成する。

本発明のこの実施態様の方法によれば、やはり硬質ロールの外層の残留応力がゼロになり、ロール製造時に、熱硬化性樹脂外層の表面にひび割れが全く生じることがなく、すぐれた表面平滑性、高い表面硬度およびすぐれた耐熱性を有する
20 ロールが得られるとともに、工程数が非常に少なく、生産効率が良いために、上記のようなすぐれた性質を有する硬質ロールを非常に安価に製造し得るものである。

25 図面の簡単な説明

図 1 ～ 図 4 は、本発明の方法の第 1 実施態様の実施工程を順に示すもので、図 1 は第 1 工程において樹脂原料を注入した後、第 2 工程において樹脂原料を外型の外部から加熱する一方、ロール芯の内部から冷却する段階を示す縦断面図である。

図 2 は同第 3 工程の前半において外層樹脂中間体を外型の外部から冷却し、中間体の熱収縮により粘性液状樹脂原料層の原料の余剰部分が中間体の上端部より上方に押し出された段階を示す縦断面図である。

10 図 3 は同第 3 工程の後半においてロール芯の内部から粘性液状原料層を加熱硬化させる段階を示す縦断面図である。

図 4 は同第 4 工程後に形成された硬質ロールを示す縦断面図である。

図 5 ～ 図 8 は、本発明の方法の第 2 実施態様の実施工程を順に示すもので、図 5 は第 1 工程において樹脂原料を注入した後、第 2 工程において樹脂原料を外型の外部から加熱する一方、ロール芯の内部から冷却する段階を示す縦断面図である。

20 図 6 は同第 3 工程の前半において外層樹脂中間体を外型の外部から冷却し、中間体の熱収縮により粘性液状樹脂原料層の原料の余剰部分が中間体の上端部より上方に押し出された段階を示す縦断面図である。

図 7 は同第 3 工程の後半においてロール芯の内部から粘性液状原料層を加熱硬化させる段階を示す縦断面図である。

25 図 8 は同第 4 工程後に形成された硬質ロールを示す縦断面

図である。

図 9 ～ 図 1 4 は、本発明の方法の第 3 実施態様の実施工程を順に示すもので、図 9 は第 1 工程において樹脂原料を注入した後、第 2 工程において樹脂原料を外型の外部から加熱する一方、ロール芯外周の螺旋状パイプにより冷却する段階を示す縦断面図である。

図 1 0 は、図 9 の要部拡大縦断面図である。

図 1 1 は同第 3 工程の前半において外層樹脂中間体を外型の外部から冷却し、中間体の熱収縮により粘性液状樹脂原料層の原料の余剰部分が中間体の上端部より上方に押し出された段階を示す縦断面図である。

図 1 2 は同第 3 工程の後半においてロール芯外周の螺旋状パイプにより粘性液状原料層を加熱硬化させる段階を示す縦断面図である。

図 1 3 は同第 4 工程後に形成された硬質ロールを示す縦断面図である。

図 1 4 は、熱硬化性樹脂外層の形成後に、螺旋状パイプの内部に充填層を形成した場合の、図 1 0 に対応する要部拡大縦断面図である。

図 1 5 ～ 図 1 8 は、本発明の方法の第 4 実施態様の実施工程を順に示すもので、図 1 5 は第 1 工程において樹脂原料を注入した後、第 2 工程において樹脂原料を外型の外部から加熱する一方、ロール芯の繊維補強下巻層外周の螺旋状パイプにより冷却する段階を示す縦断面図である。

図 1 6 は同第 3 工程の前半において外層樹脂中間体を外型

の外部から冷却し、中間体の熱収縮により粘性液状樹脂原料層の原料の余剰部分が中間体の上端部より上方に押し出された段階を示す縦断面図である。

図 1 7 は同第 3 工程の後半においてロール芯の繊維補強下
5 巻層外周の螺旋状パイプにより粘性液状原料層を加熱硬化させる段階を示す縦断面図である。

図 1 8 は同第 4 工程後に形成された硬質ロールを示す縦断面図である。

10 発明を実施するための最良の形態

つぎに、本発明の方法を図面を参照して詳しく説明する。

なお、以下の図面において、同一のものには同一の符号を付した。

図 1 ～図 4 は、本発明の方法の第 1 実施態様の実施工程を
15 順に示すものである。

第 1 工程

図 1 に示すように、基台(11)上に、内部に加熱または冷却流体通路(3)を有する中空状の金属製ロール芯(1)を起立状態に配置する。ロール芯(1)はその両端に軸部(2)(2)を有し
20 ており、これらの軸部(2)(2)はロール芯(1)内の流体通路(3)に通じる流体出入口を有している。

このときロール芯(1)の下側軸部(2)が基台(11)の軸部差込み孔(16)内に差し込まれている。このロール芯(1)の外側にロール面長を調整するための所要高さの受台(15)を配置し、
25 受台(15)上であってかつロール芯(1)より所定間隔をおいて

外側に外層成形用外型(12)を配置して、ロール芯(1)と外型(12)との間に、下端が受台(15)によって閉鎖されかつ上端が開放された樹脂原料注入用空間部(14)を形成する。

- 外型(12)の素材は、とくに限定されないが、通常、所定の直径を有する例えばポリカーボネート樹脂などの合成樹脂製筒体、金属製筒体等を使用する。また、金属製ロール芯(1)は、鉄、銅、ステンレススチール、アルミニウム等の金属よりなり、その外周面を、サンドブラストによりあるいは多数の溝をスパイラル状に形成することなどにより粗面化しておくことが好ましい。

ついで、上記空間部(14)に液状の熱硬化性樹脂原料(4)を注入する。

- ここで、熱硬化性樹脂としては、例えばエポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、ジアリルフタレート樹脂、ポリウレタン樹脂等であって、通常、加熱硬化型の樹脂を使用する。

なお、この熱硬化性樹脂は、その硬化するさいの収縮を外型の外部からの加熱およびロール芯内部からの冷却もしくは加熱により制御するため、常温にて液状（高粘調物を含む）の樹脂であることが、好ましい。

- また、熱硬化性樹脂には、例えば石英、ガラスビーズ、水和アルミナ、クレイ粉末、シリカ粉末、炭酸カルシウム等の無機粉末よりなる充填材を混入してもよい。これらの無機粉末の平均粒子径は、 $0.1 \sim 200 \mu\text{m}$ 、好ましくは $5 \sim 100 \mu\text{m}$ である。無機粉末の平均粒子径が $200 \mu\text{m}$ を越えると、樹脂への均一分散が困難となり、また $0.1 \mu\text{m}$ 未満